

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：33907

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13198

研究課題名(和文) 降雨と風による身体冷却がヒトの体温・エネルギー代謝に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effects of rain with wind on thermal responses and energy metabolism while running exercise.

研究代表者

伊藤 僚 (Ryo, Ito)

大同大学・教養部・准教授

研究者番号：60611118

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：我々は降雨が運動中のヒトの体温・エネルギー代謝に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、研究を行なった。研究期間には 降雨と風を伴った冷環境下の走運動 降雨と風を伴った冷環境下の中強度走運動 降雨と風を伴った中性温環境下の走運動 の3条件で実験を遂行した。その結果、降雨環境あるいは降雨と風を伴う環境は、身体冷却を原因とした酸素摂取量の増加や血中乳酸濃度・血漿エピネフリン濃度の上昇が観察され、運動パフォーマンスの低下の原因となることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般的に冷環境下や中性環境下の運動は過度な体温上昇に至らず、長時間運動には適した環境と考えられている。しかしながら、本研究の結果から降雨や降雨と風を伴うと、身体や衣服が濡れることで熱伝導率が上がり、また対流による熱放散が増加するため、身体冷却を原因とした運動パフォーマンスの低下が起きる可能性が示唆された。これらの結果は、屋外運動を実施するヒトの運動パフォーマンスや安全性の向上に有益な情報となる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study were to examine the effect of body cooling via rain on thermal response and energy metabolism while running exercise. We examined three conditions during this research period. 1) Running in the rain with wind at cool condition. 2) Moderately running in the rain with wind at cool condition. 3) Running in the rain with wind at thermoneutral condition. As a results, core temperature decreased and oxygen consumption increased in the cool or thermoneutral conditions with rain and rain with wind. Furthermore, plasma lactate and norepinephrine concentrations were increased. Therefore, rain condition and rain with wind condition may decreased exercise performance in cool or thermoneutral conditions.

研究分野：運動生理学

キーワード：体温調節反応 エネルギー代謝 寒冷 降雨 風

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

屋外で行う運動・スポーツは雨、風、日射、湿度など天候の影響を受け易くなる。特に寒冷環境下運動時の身体冷却は、エネルギー消費量の増加、筋出力の低下、血中乳酸濃度の上昇を引き起こし、運動パフォーマンスを低下させる可能性が考えられる。そのため、マラソンやサッカーといった、悪天候でも開催される屋外スポーツ活動は、降雨によって身体が冷却され、運動パフォーマンスの低下や活動時の安全性の低下を引き起こす可能性が考えられる。実際、2006年第28回東京国際女子マラソンは気温10℃の降雨を伴う環境下で開催され、上位20名のゴールタイムは例年のゴールタイムと比較して約4分近く遅くなっている。また、2009年のトムラウシ山遭難事故は気温が約10℃であったにも関わらず、登山者は濡れた着衣に風を受けたことで低体温症となり死亡に至る事故も発生している。これらの事象は水の熱伝導率が空気の約25倍と高く、また、濡れた部位に風を受けることで体熱放散量が増加し、身体冷却を原因とした運動パフォーマンスの低下や低体温症を引き起こしたと考えられる。

これまでに報告されている寒冷環境下における降雨が運動中のヒトに及ぼす生理的影響を検討した研究は低強度歩行運動に限られている。これは防水性の高いトレッドミルが設置された人工気候室が少なく、そのため降雨環境を再現するには新たな施設を設置する必要があるなど、施設規模の点からも、走運動が実験運動として設定できないことが原因の一つであると考えられる。また、降雨環境を設定できる施設は大変少なく、降雨あるいは身体の濡れの再現方法が「スプレーで身体と衣服に水を噴きかけて部分的に濡らす」、「スプリンクラーを通過時に水を浴びる」など、実験方法が統一されず、系統的に研究が遂行されていない (Tikusis et al. 1999, Weller et al. 1997, Thompson et al. 1996)。

そこで申請者はこれまでに、降雨条件の再現が可能である人工気候室 (TBR-12A4PX, ESPEC) を使用することで、走運動中のヒトのエネルギー代謝・体温に降雨による身体冷却が及ぼす影響について報告してきた (伊藤ら. 2010, Ito et al. 2013, Ito et al. 2015)。

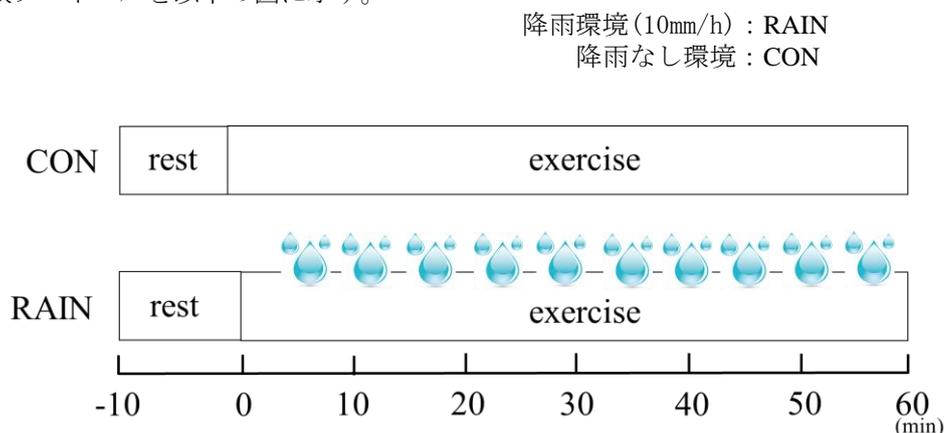
2. 研究の目的

- (1) 平成29年度：「降雨と風を伴う冷環境 (10℃) が走運動時 (70%VO₂max) のヒトのエネルギー代謝・体温反応に及ぼす影響の検討」
- (2) 平成30年度：「降雨と風を伴う冷環境 (10℃) が中強度運動時 (50%VO₂max) のヒトのエネルギー代謝・体温反応に及ぼす影響の検討」
- (3) 令和元年度：「降雨と風を伴う中性温環境 (22℃) が走運動時 (70%VO₂max) のヒトのエネルギー代謝・体温反応に及ぼす影響の検討」

これら3試行を実施し、寒冷ストレスが比較的小さい冷環境及び中性温環境における降雨や降雨と風の組み合わせが運動中のヒトの体温・エネルギー代謝に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。本研究から得られた結果は、降雨と風を伴う環境で起こる身体冷却を原因とした運動パフォーマンスの低下、健康被害、低体温症等の予防に繋がるだけでなく、雨天時のスポーツ活動時の防寒対策や戦略などにも有益な情報となると考えられる。また降雨環境の再現方法が一定であるため、様々な気象条件、運動条件、環境温を変えたデータを得ることが出来、「降雨環境下の運動」に対し系統的で幅広い知見を得ることが出来る。

3. 研究の方法

実験プロトコルを以下の図に示す。



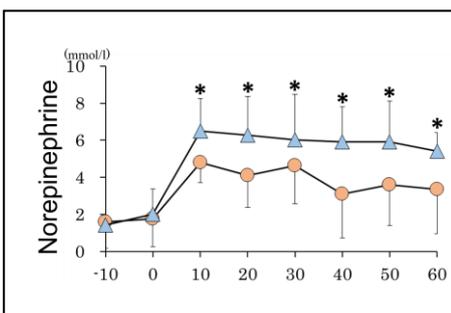
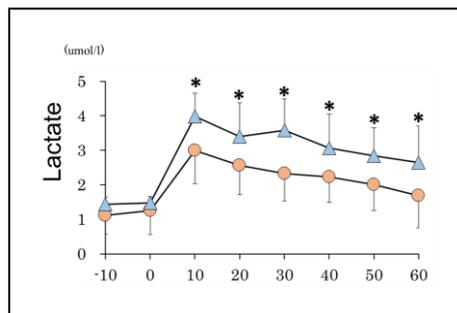
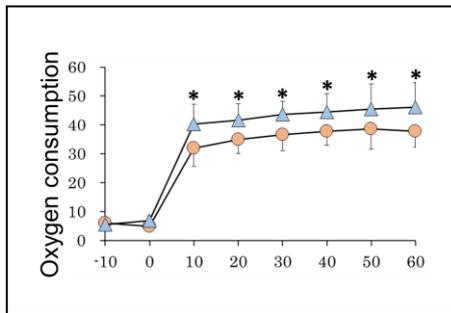
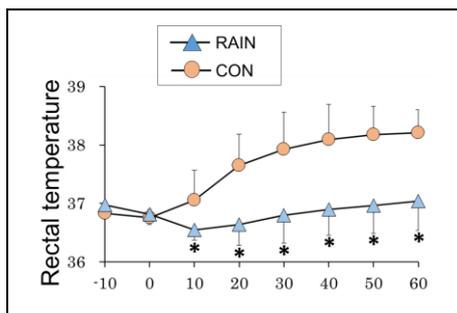
測定項目は直腸温、皮膚温、酸素摂取量、呼吸交換比、血漿乳酸濃度、血漿ノルエピネフリン濃

度、血漿エピネフリン濃度、血清遊離脂肪酸濃度、血清中性脂肪濃度とした。
 また本研究は降雨環境や風環境の再現が可能な人工気象室（TBR-12A4PX, ESPEC）を使用して
 おこなった。

4. 研究成果

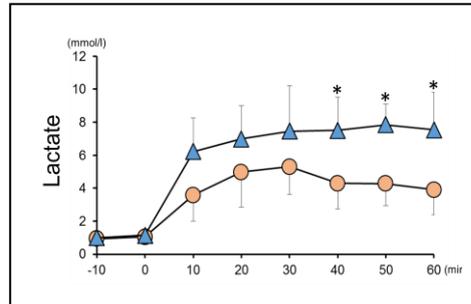
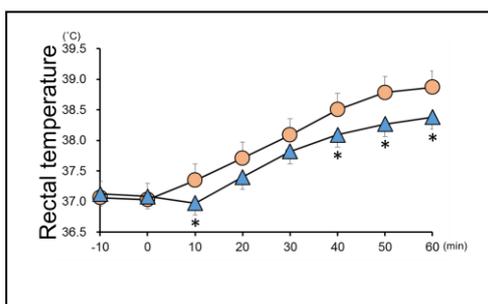
(1) 平成 29 年度の成果

冷環境下の降雨と風が走運動中のヒトに及ぼす生理学的影響を検討した結果、RAIN が CON と比較して、直腸温が有意に低い値を示しさらには酸素摂取量、血漿乳酸濃度、血漿ノルエピネフリン濃度が有意に高い値を示した ($p<0.05$)。これらのことから、運動中の熱産生量が大いと考えられる走運動下であっても、全身が雨で濡れ、更に風を受けることで熱放散量が増大し、特に運動開始初期の寒冷ストレスが大きくなることが明らかとなった。以上のことから冷環境下の降雨と風は、体熱産生量が大きくなる走運動中であっても身体冷却を原因とした運動パフォーマンスの低下を起こす可能性が示された。今回の結果はマラソンやサッカーなどの屋外で行う高強度運動を想定したものであり、降雨による身体冷却が運動中のヒトに及ぼす生理学的影響に関し、新しい知見を加えることが出来た。



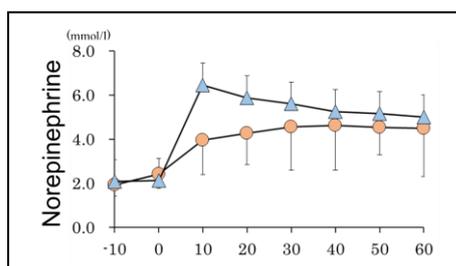
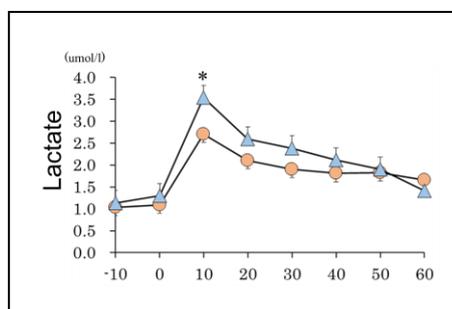
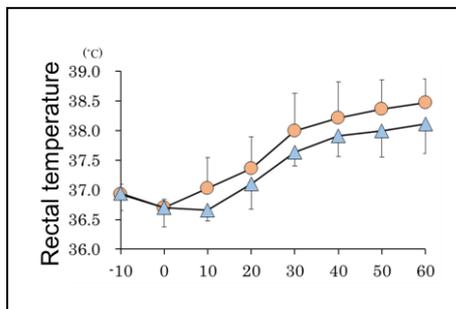
(2) 平成 30 年度の成果

冷環境下の降雨と風が中強度走運動中のヒトに及ぼす生理学的影響を検討した結果、RAIN が CON と比較して、運動中を通して直腸温が有意に低い値を示しさらには酸素摂取量、血漿乳酸濃度、血漿ノルエピネフリン濃度が有意に高い値を示した ($p<0.05$)。さらに、呼吸交換比の値は RAIN が CON と比較して有意に高い値を示した ($p<0.05$)。これらのことから、走運動と比較して、中強度の走運動は熱産生量が小さく、全身が雨で濡れ、更に風を受けることで熱放散量が増大したことが明らかとなり、また消費されたエネルギー基質としての糖質が増加することが考えられた。以上のことから冷環境下の降雨と風は、中強度の走運動中、身体冷却を原因とした運動パフォーマンスの低下を起こす可能性が示された。今回の結果はジョギングの様な屋外で行う中強度走運動を想定したものであり、降雨による身体冷却が運動中のヒトに及ぼす生理学的影響に関し、新しい知見を加えることが出来た。



(3) 令和元年度の成果

中性温環境下の降雨と風が走運動中のヒトに及ぼす生理学的影響を検討した結果、RAIN が CON と比較して、運動開始初期に直腸温が有意に低い値を示し、さらには酸素摂取量が有意に高い値を示した ($p<0.05$)。また血漿乳酸濃度と血漿のノルエピネフリン濃度も運動開始初期に有意に高い値を示した ($p<0.05$)。これらのことから、中性温環境下であっても全身が雨で濡れ、更に風を受けることで運動開始初期の寒冷ストレスが大きくなることが明らかとなった。以上のことから中性温環境下の降雨と風は、体熱産生量が大きくなる走運動中であっても運動開始初期に身体冷却を原因とした運動パフォーマンスの低下を起こす可能性が示された。



本研究成果では、冷環境下や中性温環境下では降雨と風を伴う環境であれば、熱産生量の増加する運動中であっても、身体冷却を原因としたエネルギー消費量の増加や血漿乳酸濃度・血漿ノルエピネフリンの上昇がおきることを明らかにした。降雨環境下の運動に焦点をあてたこれまでの報告は、寒冷環境を対象としたものに限られていた (Ito et al. 2013, Tikuisis et al. 1999, Weller et al. 1997, Thompson et al. 1996)。そのため冷環境や中性温環境であっても運動中に降雨と風を伴う環境であれば身体冷却を起こすことが明らかとなった。また特に寒冷刺激が強かった降雨と風を伴った環境では呼吸交換比の値が降雨と風の無い環境と比較して有意に高い値を示していた。このことから、降雨を伴う低温環境下における運動パフォーマンス低下にはエネルギー基質としての糖質が多く代謝され、それによって通常環境と比較して早期の疲労発現や走タイムの低下を起こしている可能性が考えられた。これらの検討は今後の新たな研究テーマとして取り扱う予定である。

〈引用文献〉

① Ito R, Nakano M, Amano M, Matsumoto T. Effects of rain on energy metabolism while running in a cold environment. *Int J Sports Med* 2013; 34: 707-711.

② Tikuisis P, Ducharme MB, Moroz D, Jacobs I. Physiological responses of exercised-fatigued individuals exposed to wet-cold conditions. *J Appl Physiol* 1999; 86: 1319-1328.

③ Weller AS, Millard CE, Stroud MA, Greenhaff PL, Macdonald IA. Physiological responses to cold stress during prolonged intermittent low- and high-intensity walking. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 1997; 272: R2025-R2033.

④ Thompson RL, Hayward JS. Wet-cold exposure and hypothermia: thermal and metabolic responses to prolonged exercise in rain. *J Appl Physiol* 1996; 81: 1128-1137.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ito R, Yamashita N, Matsumoto T	4. 巻 58
2. 論文標題 Effects of arm insulation on physiological responses during running in the cold.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness	6. 最初と最後の頁 1197-1203
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.23736/S0022-4707.17.07067-0.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ito Ryo, Yamashita Naoyuki, Ishihara Kohei, Matsumoto Takaaki	4. 巻 59
2. 論文標題 Rain exacerbates cold and metabolic strain during high-intensity running	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness	6. 最初と最後の頁 1601-1607
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.23736/S0022-4707.19.09865-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Ito, R. Yamashita N, Matsumoto T
2. 発表標題 Effect of rain on thermal responses and energy metabolism while running at moderately high intensity in a cool condition
3. 学会等名 24st annual Congress of the EUROPEAN COLLEGE OF SPORT SCIENCE（国際学会）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考